

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-123803  
(P2001-123803A)

(43)公開日 平成13年5月8日(2001.5.8)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
F 0 1 D 11/02		F 0 1 D 11/02	3 G 0 0 2
F 1 6 J 15/447		F 1 6 J 15/447	3 J 0 4 2

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平11-299617

(22)出願日 平成11年10月21日(1999.10.21)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 菊 地 正 孝

神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地

株式会社東芝京浜事業所内

(74)代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

Fターム(参考) 3G002 HA02 HA04 HA10 HA11 HA12  
HA13

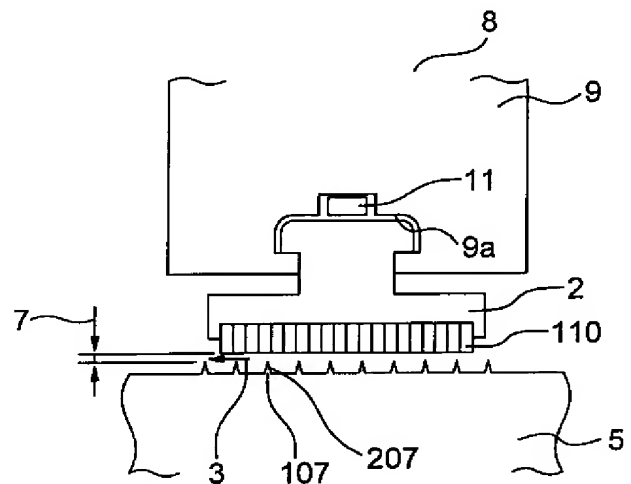
3J042 AA03 BA01 CA13 DA11

(54)【発明の名称】 シール装置並びに同装置を備えた蒸気タービン及び発電プラント

(57)【要約】

【課題】 蒸気タービンの運転に支障をきたすことなく、回転構造物に永久曲がりなどの不具合を発生させることなく蒸気タービンのシール性能を向上させ得るシール装置を提供する。

【解決手段】 タービンシャフト5と動翼とを含む回転構造物の外周面に周設された円環状のシールフィン107と、静翼と静翼内輪9と静翼外輪とを含む静止構造物の内周面に、シールフィン107に離間対向して周設された円環状のハニカムセル110と、を有する。シールフィン107とハニカムセル110とで作動流体の漏洩流路を狭めて漏洩を防止する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】タービンシャフトと前記タービンシャフトに設けられた動翼とを含む回転構造物と、静翼と前記静翼の内径側に設けられた静翼内輪と前記静翼の外径側に設けられた静翼外輪とを含む静止構造物と、を備えた蒸気タービンにおける作動流体の漏洩を防止するためのシール装置において、

前記回転構造物の外周面に周設された円環状のシールフィンと、前記シールフィンに離間対向して前記静止構造物の内周面に周設された円環状のハニカムセルと、を備えたことを特徴とする蒸気タービンのシール装置。

【請求項2】前記シールフィンは、前記タービンシャフトの外周面に設けられ、前記ハニカムセルは前記静翼内輪の内周面に設けられていることを特徴とする請求項1記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項3】前記シールフィンは、前記動翼の先端のシェラウドカバーの外周面に設けられ、前記ハニカムセルは前記静翼外輪の内周面に設けられていることを特徴とする請求項1又は2記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項4】前記シールフィンは、前記ハニカムセルを形成する金属材料よりも硬度の高い金属材料により形成されていることを特徴とする請求項1乃至3のいずれか一項に記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項5】前記ハニカムセルは、CrMoV低合金鋼、NiCrMoV低合金鋼、又は12Cr基鋼に代表されるフェライト系鋼よりも硬度の低い、銅、りん青銅、黄銅、及びニッケルに代表される軟質金属材料で形成されていることを特徴とする請求項4記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項6】前記シールフィンは、CrMoV低合金鋼、NiCrMoV低合金鋼、又は12Cr基鋼に代表されるフェライト鋼で形成されていることを特徴とする請求項5記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項7】前記ハニカムセルは、18-8ステンレス鋼に代表されるオーステナイト系ステンレス鋼で形成されていることを特徴とする請求項4記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項8】前記シールフィンは、CrMoV低合金鋼、NiCrMoV低合金鋼、又は12Cr基鋼に代表されるフェライト系鋼で形成されていることを特徴とする請求項7記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項9】前記シールフィンの表面に高硬度の被膜を形成したことを特徴とする請求項1乃至8のいずれか一項に記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項10】前記シールフィンは、肉盛り溶接により形成されていることを特徴とする請求項1乃至9のいずれか一項に記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項11】前記ハニカムセルを形成する材料の熱伝導率は、前記シールフィンを形成する材料の熱伝導率よりも小さいことを特徴とする請求項1乃至10のいずれ

か一項に記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項12】前記ハニカムセルは硬ろう材で形成されていることを特徴とする請求項1乃至11のいずれか一項に記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項13】外径の異なる複数の前記シールフィンを前記回転構造物の外周面に形成し、前記ハニカムセルの内周面に段差を設けて、複数の前記シールフィンのそれぞれの外径に対応させて前記ハニカムセルの内径を変化させたことを特徴とする請求項1乃至12のいずれか一項に記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項14】前記ハニカムセルの段差部分に補強用仕切板を設けたことを特徴とする請求項13記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項15】前記ハニカムセルの角柱状のセル空間の軸心が前記回転構造物の半径方向に対して傾斜していることを特徴とする請求項1乃至14のいずれか一項に記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項16】前記ハニカムセルの角柱状のセル空間の横断面の各辺が、前記回転側構造物の回転方向に対して傾斜していることを特徴とする請求項1乃至15のいずれか一項に記載の蒸気タービンのシール装置。

【請求項17】タービンシャフトと前記タービンシャフトに設けられた動翼とを含む回転構造物と、静翼と前記静翼の内径側に設けられた静翼内輪と前記静翼の外径側に設けられた静翼外輪とを含む静止構造物と、を備えた蒸気タービンにおいて、

請求項1乃至16のいずれか一項に記載のシール装置を備えたことを特徴とする蒸気タービン。

【請求項18】請求項17記載の蒸気タービンと、前記蒸気タービンにより駆動される発電機と、を備えた発電プラント。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、複合発電プラントや従来型火力発電プラントや原子力発電プラントなどに使用される蒸気タービンのシール装置、およびそのシール装置を適用した蒸気タービン、およびその蒸気タービンを適用した発電プラントに関する。

【0002】

【従来の技術】蒸気タービンの静翼は翼列をなしてタービンシャフトに近接してケーシングに取り付けられ、タービンシャフトに翼列をなして取り付けられる動翼と組み合わされて段落を形成し、タービン内に流入した蒸気を静翼にて膨張させて高速にし、この高速の蒸気流を動翼に流入することによりタービンシャフトを回転している。従って静翼とタービンシャフトとの間にはタービンシャフトの回転を可能にするために隙間が設けられているが、静翼に流入する蒸気はこの隙間から静翼をバイパスする漏れ蒸気となって流れ、タービンの性能低下の一因となるので、この漏れ蒸気量を小さくするため、ター

ビンシャフトに近接する部分の静翼内輪にシールフィンが設けられる。

【0003】このようなシールフィンとして従来からラビリンスシールが知られている。蒸気タービンは高温蒸気を使用して高速でロータを回転させる回転機械であり、タービンの性能を向上させるためには作動流体である蒸気が少しでも多く静翼および動翼に流入するように、タービンシャフトと静翼内輪との隙間や動翼先端と静翼外輪との隙間、または動翼先端とケーシングの隙間を通して漏洩する蒸気の量を出来るだけ少なくする必要がある。蒸気タービンは高速回転機械であるのでこのような隙間のシールには上述の非接触式のラビリンスシールが適用されている。

【0004】図17(a)、(b)、(c)は従来のラビリンスシールの代表例を示し、図中符号9は図示しないタービンケーシングに嵌合して取り付けられた静翼翼環8(静翼翼環はノズルダイアフラムと称することもある。)の内輪、すなわち、静翼内輪であり、その内周に通常は板ばね等の弾性体11を介してパッキンリング2が取り付けられ、そのパッキンリング2からパッキン

リングと一体または別体に加工されたシールフィン4が内径側に向かって伸びている。

【0005】図17中符号5はタービンシャフトであり、タービンシャフト5には図17(b)、(c)に示したように、互い違い型に段差6が形成されることもある。このような基本構造を有する非接触型のシール装置を一般にラビリンスシール15と称しており、シールフィン先端の隙間7を微小に設定し、静翼をバイパスしてこの隙間7を通して漏れ出る蒸気3を少なくして漏洩損失を小さくしている。

【0006】以上、静翼内輪とタービンシャフト間の隙間のシール装置について説明したが、動翼先端と静翼外輪またはケーシングとの間の隙間についても類似の問題がある。図18(a)、(b)、(c)に従来から適用されてきた蒸気タービンの動翼先端と静翼外輪の間の隙間のシール装置を示す。

【0007】動翼14の先端16のシュラウドカバー21に設けられたシュラウドカバー21と静翼12の外輪17との間または図示しないケーシングとの間には、動翼14の回転を可能にするために隙間18が設けられている。このため、動翼14に流入する蒸気の一部はこの隙間18から動翼14をバイパスする漏れ蒸気となって流れ、これもタービンの性能を低下させる一因となっている。この漏れ蒸気量を小さくするため、静翼外輪17(またはケーシング)が動翼先端16に設けられたシュラウドカバー21に近接する部分にシールフィン19が設けられる。このようなシールフィンとして従来から図18(a)、(b)または(c)に代表されるラビリンスシール20が知られている。

【0008】近年、蒸気タービンの高性能化が従来にも

増して要求されてきており、蒸気タービンの性能向上のためには静翼および動翼における性能向上や排気損失低減などいろいろな改善が講じられて日々進歩してきている。このような改善の中で、タービンシャフトと静翼内輪との隙間や動翼先端と静翼外輪との隙間を通して漏洩する蒸気の量を出来るだけ少なくするというシール性能の向上がタービンの性能向上に大きく貢献する。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】図17及び図18に示したラビリンスシール15、20のシール性能は一般にシールフィン先端の隙間7、18を小さくすれば向上する。他方、シールフィン先端の隙間7、18が小さすぎて何らかの要因により回転体と静止体が接触していわゆるラビング現象が発生すると、タービンの軸振動が激変してタービンの運転の継続が困難なほどの過大な軸振動を引き起こすことが知られている。

【0010】従って、現状の回転機械ではラビリンスシール15、20の隙間7、18は回転体の直径が400mm程度の場合には0.3mm前後の直径隙間が、回転体の直径が600mm程度の場合には0.4mm前後の直径隙間が、回転体の直径が700mm程度の場合には0.5mm前後の直径隙間が、回転体の直径が800mmを超える場合には0.5mm以上の直径隙間が一般的には採用されることが多い。ラビリンスシール15、20のシール性能を更に向上させるにはこの隙間を更に大幅に狭めることが要求される。

【0011】しかしながら、蒸気タービンには起動停止に伴うケーシングの不均一温度分布に起因する猫背現象や逆猫背現象、ケーシングや静翼とロータや動翼との熱膨張量の差異、回転体の遠心力による変形、軸受油膜によるロータ軸心の移動、アライメント変化、軸振動などの現象が発生することから、現状の隙間設定がハードなラビング現象を発生させないための最小限の隙間設定であるといえる。

【0012】また、タービンシャフト5にシールフィン4が接触した場合、シールフィン4は冷却フィンの機能を果たし接触によって発生した摩擦熱をシールフィン4から蒸気へ速やかに放出する働きをする。他方、タービンシャフト5側の接触部分はフィン形状を形成していないので、接触によって発生した摩擦熱を蒸気へ放出する機能は小さく、従ってタービンシャフト5の接触部が過熱し易くなる。すなわち、図17に示すシール装置においては、接触の影響がシールフィン4側よりもタービンシャフト5側において顕在化し易い構造となっている。

【0013】また、軸振動の固有モードのなかで最大の振幅を有する振動モードは最低次の一次の固有モードであり、かつ、この一次固有モードはタービンシャフト5の回転数と同一の振動周波数を有する振動モードであることからタービンシャフト5の円周上のある一部分がシールフィン4といつも強く接触することになる。

【0014】そのため、ラビング現象が一旦発生すると、タービンシャフト5の接触部の温度が上昇し、接触部位が大きく熱膨張してタービンシャフト5のしかも特にいつも強く接触する円周上の一部分が凸になるようにタービンシャフト5が変形する。その場合、更に接触が強くなってハードなラビング現象に至り、過大な振動を生じてタービンの運転の停止を余儀なくされたり、タービンシャフト5の接触部に熱応力による永久ひずみが発生したり、ロータ接触部の溶融による残留ひずみが永久ひずみとして発生したりしてタービンシャフト5に永久曲がりを生じさせてしまうという問題があった。

【0015】また、図19は従来のシール装置の他の例を示しており、このシール装置は、図17に示したシールフィン4に代えてハニカムセル10を装着している。このシール装置では、ハニカムセル10がタービンシャフト5に接触した場合、シールフィン4の接触よりも広範な範囲で接触することになる。このため、図17に示したシールフィン4場合よりもハードなラビングを引き起こし、過大な軸振動と多大な損傷をタービンシャフト5に引き起こす。このような事情から、蒸気タービンのシール装置へのハニカムセル10の適用は見送られてきた。

【0016】また、図18に示した静翼外輪17側のラビンスシール20は、タービンシャフト5のシール部分と同様にその間隙18も変化し、その変化の程度によってはシールフィン19が動翼先端16に設けられたシュラウドカバー21に接触することがある。その場合、同様にタービン軸振動が発生して蒸気タービンの信頼性に影響を与える。

【0017】また、接触すると摩擦熱の発生によって接触部の温度が上昇するが、動翼14は回転運動をしている物体であり回転による強大な遠心力が作用する物体であることから、蒸気タービンの動翼先端16に配設されているシュラウドカバー21の温度が接触による摩擦熱によって高温となる。高温により材料強度が低下したシュラウドカバー21は遠心力により変形して半径方向に膨らみ、更に接触が強くなってハードなラビング現象に至り、過大な振動を生じてタービンの運転の停止を余儀なくされたり、動翼先端16のシュラウドカバー21に永久ひずみが発生したりする事態を引き起こすという問題があった。

【0018】また、図20は従来のシール装置の他の例を示し、このシール装置は、図18に示したシールフィン19に代えてハニカムセル10を装着している。このシール装置では、ハニカムセル10が動翼先端16のシュラウドカバー21に接触した場合、図18に示したシールフィン19の接触よりも広範な範囲で接触することになって、よりハードなラビングを引き起こして過大な軸振動と多大なシュラウドカバー21の損傷を引き起こす。このため、蒸気タービンのシール装置へのハニカム

セル10の適用は見送られてきた。

【0019】本発明の目的は、蒸気タービンの運転に支障をきたすことなく、また、回転構造物に永久曲がりなどの不具合を発生させることなく蒸気タービンのシール性能を向上させ得るシール装置を提供することであり、そのようなシール装置を適用した蒸気タービン並びに発電プラントを提供することである。

【0020】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明は、タービンシャフトと前記タービンシャフトに設けられた動翼とを含む回転構造物と、静翼と前記静翼の内径側に設けられた静翼内輪と前記静翼の外径側に設けられた静翼外輪とを含む静止構造物と、を備えた蒸気タービンにおける作動流体の漏洩を防止するためのシール装置において、前記回転構造物の外周面に周設された円環状のシールフィンと、前記シールフィンに離間対向して前記静止構造物の内周面に周設された円環状のハニカムセルと、を備えたことを特徴とする。

【0021】また、好ましくは、前記シールフィンは、前記タービンシャフトの外周面に設けられ、前記ハニカムセルは前記静翼内輪の内周面に設けられている。

【0022】また、好ましくは、前記シールフィンは、前記動翼の先端のシュラウドカバーの外周面に設けられ、前記ハニカムセルは前記静翼外輪の内周面に設けられている。

【0023】また、好ましくは、前記シールフィンは、前記ハニカムセルを形成する金属材料よりも硬度の高い金属材料により形成されている。

【0024】また、好ましくは、前記ハニカムセルは、CrMoV低合金鋼、NiCrMoV低合金鋼、又は12Cr基鋼に代表されるフェライト系鋼よりも硬度の低い、銅、りん青銅、黄銅、及びニッケルに代表される軟質金属材料で形成されている。

【0025】また、好ましくは、前記シールフィンは、CrMoV低合金鋼、NiCrMoV低合金鋼、又は12Cr基鋼に代表されるフェライト鋼で形成されている。

【0026】また、好ましくは、前記ハニカムセルは、18-8ステンレス鋼に代表されるオーステナイト系ステンレス鋼で形成されている。

【0027】また、好ましくは、前記シールフィンは、CrMoV低合金鋼、NiCrMoV低合金鋼、又は12Cr基鋼に代表されるフェライト系鋼で形成されている。

【0028】また、好ましくは、前記シールフィンの表面に高硬度の被膜を形成する。

【0029】また、好ましくは、前記シールフィンは、肉盛り溶接により形成されている。

【0030】また、好ましくは、前記ハニカムセルを形成する材料の熱伝導率は、前記シールフィンを形成する

10

20

30

40

50

材料の熱伝導率よりも小さい。

【0031】また、好ましくは、前記ハニカムセルは硬ろう材で形成されている。

【0032】また、好ましくは、外径の異なる複数の前記シールフィンを前記回転構造物の外周面に形成し、前記ハニカムセルの内周面に段差を設けて、複数の前記シールフィンのそれぞれの外径に対応させて前記ハニカムセルの内径を変化させる。

【0033】また、好ましくは、前記ハニカムセルの段差部分に補強用仕切板を設ける。

【0034】また、好ましくは、前記ハニカムセルの角柱状のセル空間の軸心が前記回転構造物の半径方向に対して傾斜している。

【0035】また、好ましくは、前記ハニカムセルの角柱状のセル空間の横断面の各辺が、前記回転側構造物の回転方向に対して傾斜している。

【0036】本発明は、タービンシャフトと前記タービンシャフトに設けられた動翼とを含む回転構造物と、静翼と前記静翼の内側に設けられた静翼内輪と前記静翼の外側に設けられた静翼外輪とを含む静止構造物と、を備えた蒸気タービンにおいて、上述した各種シール装置のいずれかを備えたことを特徴とする。

【0037】本発明による発電プラントは、上述した蒸気タービンと、前記蒸気タービンにより駆動される発電機と、を備えている。

#### 【0038】

##### 【発明の実施の形態】第1実施形態

以下、本発明の第1実施形態による、作動流体の漏洩を防止するためのシール装置を有する蒸気タービン及びこれを備えた発電プラントについて図面を参照して説明する。

【0039】図1は本実施形態におけるシール装置の部分を示した断面図である。本実施形態における蒸気タービンは、タービンシャフト5とタービンシャフト5に設けられた動翼（図示せず）とを含む回転構造物と、静翼（図示せず）と静翼の静翼翼環8の内径側に設けられた静翼内輪9と静翼の外径側に設けられた静翼外輪（図示せず）とを含む静止構造物とを備えている。

【0040】そして、タービンシャフト5の表面には、複数の円環状のシールフィン107が周設されている。これらのシールフィン107に離間対向してハニカムセル110が配置されており、このハニカムセル110は、静翼内輪9の内周面に取り付けられたパッキンリング2に設けられている。ハニカムセル110は、硬ろうによってパッキンリング2にろう付けして固定されている。

【0041】パッキンリング2は、静翼内輪9の内周面に形成された植込み部9aに装着されており、植込み部9aの内面とパッキンリング2との間には板ばね等より成る弾性体11が設けられ、この弾性体11によってパ

ッキンリング2がタービンシャフト5に向かって付勢されている。

【0042】図2に示したように、シールフィン107の表面には、炭化クロムなどの高硬度皮膜207が形成されており、高硬度皮膜207の形成方法としては例えば溶射を用いることができる。

【0043】ハニカムセル110の材料に硬度の低い銅、りん青銅、黄銅、ニッケルなどに代表される軟質金属材料を用いると共に、シールフィン107の材料に、ハニカムセル110の材料よりも高い硬度のCrMoV低合金鋼やNiCrMoV低合金鋼または12Cr基鋼を用いることができる。

【0044】また、変形例としては、ハニカムセル110に熱伝導率の低い18-8ステンレスに代表されるオーステナイト系ステンレス鋼を用いる共に、シールフィン107の材料に、ハニカムセル110の材料よりも熱伝導率の高いフェライト系材料であるところのCrMoV低合金鋼やNiCrMoV低合金鋼または12Cr基鋼を用いることができる。

【0045】さらに、本実施形態においては、図1及び図2に示した静翼内輪9側のシール装置に加えて、図3に示したように動翼14の先端と静翼外輪17との間にもシール装置が設けられている。すなわち、動翼14の先端16のシュラウドカバー21の表面には、複数の円環状のシールフィン119が周設されている。これらのシールフィン119に離間対向してハニカムセル123が配置されており、このハニカムセル123は、静翼外輪17の内周面に取り付けられたパッキンリング22に設けられている。ハニカムセル123は、硬ろうによってパッキンリング22にろう付けして固定されている。

【0046】パッキンリング22は、静翼外輪17の内周面に形成された植込み部17aに装着されており、植込み部17aの内面とパッキンリング22との間には板ばね等より成る弾性体31が設けられ、この弾性体31によってパッキンリング22が動翼先端16に向かって付勢されている。なお、図3中符号12は静翼を示している。

【0047】図4に示したように、シールフィン119の表面には、炭化クロムなどの高硬度皮膜219が形成されており、高硬度皮膜219の形成方法としては例えば溶射を用いることができる。

【0048】ハニカムセル123の材料に硬度の低い銅、りん青銅、黄銅、ニッケルなどに代表される軟質金属材料を用いると共に、シールフィン119の材料に、ハニカムセル123の材料よりも高い硬度の12Cr基鋼を用いることができる。

【0049】また、変形例としては、ハニカムセル123に熱伝導率の低い18-8ステンレスに代表されるオーステナイト系ステンレス鋼を用いる共に、シールフィン119の材料に、ハニカムセル123の材料よりも熱

10

20

30

40

50

伝導率の高いフェライト系材料であるところの12Cr基鋼を用いることができる。

【0050】次に、本実施形態の作用について説明する。

【0051】本実施形態においては、ハニカムセル110、123とシールフィン107、119とによって狭小な間隙を形成し、これにより蒸気タービンの作動流体である蒸気3の漏洩を防止している。そして、ハニカムセル110、123は蜂の巣状の構造をしているので、ハニカムセル110、123とシールフィンが107、119が接触した場合には、ハニカムセル110、123がシールフィン107、119よりも速やかに摩耗または変形するために接触が速やかに軽微なものになり、または接触が速やかに解消し、ラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることができる。

【0052】また、タービンシャフト5の表面及び動翼先端16のシュラウドカバー21の表面にシールフィン107、119を形成したことにより、接触時のタービンシャフト5及びシュラウドカバー21側の接触面積を大幅に低減できるので、タービンシャフト5及びシュラウドカバー21側に発生する摩擦熱の総量を大幅に低減することが可能になる。また、タービンシャフト5及びシュラウドカバー21側からシールフィン107、119を突出形成しているために、シールフィン107、119が冷却フィンの役目を果たしてタービンシャフト5及びシュラウドカバー21に摩擦熱が伝わることを阻止する構造となっている。

【0053】また、ハニカムセル110、123は蜂の巣状の構造となっているためにシールフィン107、119が静止構造物に接触した場合においても、1回転あたりの接触時間（すなわち接触距離）は接触面がハニカム構造でない場合に比べて極めて短時間（すなわち接触距離が極めて短い）となることから、接触によって発生する摩擦熱も従来のラビリンスシールが接触した場合に比べて大幅に低減する。

【0054】そして、上述したいくつかの効果が相乗することによって、接触事象発生の際にタービンシャフト5及びシュラウドカバー21に伝わる摩擦熱の総量を大きく低減することが可能になり、このため、ラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることができるという上記の効果に加えて、タービンシャフト5及びシュラウドカバー21の損傷や変形を防止するという優れた効果も同時に得ることが出来る。

【0055】さらに本実施形態においては、タービンシャフト5及びシュラウドカバー21の表面に形成した円環状のシールフィン107、119に高硬度の皮膜を形成したので、接触事象発生の際にシールフィン107、119に比べてハニカムセル110、123の方が摩耗し易く、ハニカムセル110、123の摩耗が速やかに進行することにより、接触が速やかに軽微なものにな

り、または接触が速やかに解消し、ラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることが出来るという効果が発揮される。

【0056】また、シール相手面となる静止側に装着したハニカムセル110、123をCrMoV低合金鋼や12Cr基鋼に代表される鉄鋼材料よりも硬度の低い銅、りん青銅、黄銅、ニッケルなどに代表される軟質金属材料で形成することにより、接触事象発生の際にシールフィン107、119に比べてハニカムセル110、123の方が変形または摩耗し易く、ハニカムセル110、123の摩耗が速やかに進行することにより、接触が速やかに軽微なものになり、または接触が速やかに解消し、ラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることが出来るという効果が発揮される。

【0057】また、タービンシャフト5及びシュラウドカバー21の表面に形成した円環状のシールフィン107、119を形成する金属材料として静止側のハニカムセル110、123を形成する金属材料に比べて硬い材料を用いることにより、接触事象発生の際にシールフィン107、119に比べてハニカムセル110、123の方が変形または摩耗し易く、ハニカムセル110、123の摩耗が速やかに進行することにより、接触が速やかに軽微なものになり、または接触が速やかに解消し、ラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることが出来るという効果が発揮される。

【0058】また、タービンシャフト5及びシュラウドカバー21の表面に形成した円環状のシールフィン107、119を形成する金属材料としてCrMoV低合金鋼、NiCrMoV低合金鋼または12Cr基鋼を用いることにより、これらの金属材料は銅、りん青銅、黄銅、ニッケルなどに代表される軟質金属材料に比べてはるかに高い硬度を有しているため、ラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることが出来るという効果が発揮される。

【0059】また、シール相手面となる静止側に装着したハニカムセル110、123を18-8ステンレスに代表されるオーステナイト系ステンレス鋼によって形成することにより、オーステナイト系ステンレス鋼は熱伝導率が小さいことから接触による摩擦熱がハニカムセル110、123を介して静止構造物側に伝導し難く、ハニカムセル110、123の接触部分に摩擦熱が蓄積されてハニカムセル110、123の接触部の先端が極めて高温になる。このため、当該高温部の材料強度が激減して変形や摩耗が速やかに進行することにより、接触が速やかに軽微なものになり、または接触が速やかに解消し、ラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることが出来るという効果が発揮される。

【0060】また、シール相手面となる静止側に装着したハニカムセル110、123の材料の熱伝導率がタービンシャフト5及びシュラウドカバー21の表面に形成



## 11

した円環状のシールフィン107、119を形成する金属材料の熱伝導率よりも小さくなるような材料の組合せとすることにより、熱伝導率が高い材料で出来ていてかつ冷却フィンの効果が十分に期待できるシールフィン107、119側に比べて、当該ハニカムセル110、123は熱伝導率が小さく接触による摩擦熱がハニカムセル110、123を介して静止構造物側に伝導し難い。このため、従ってハニカムセル110、123の接触部分に摩擦熱が蓄積され、ハニカムセル110、123の接触部の先端が極めて高温になり当該高温部の材料強度が激減して変形や摩耗が速やかに進行する。これにより、接触が速やかに軽微なものになり、または接触が速やかに解消し、ラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることが出来るという効果が発揮される。

【0061】また、タービンシャフト5及びシュラウドカバー21の表面に形成した円環状のシールフィン107、119を形成する金属材料として、CrMoV低合金鋼、NiCrMoV低合金鋼または12Cr基鋼などのフェライト系鋼を用いることにより、フェライト系鋼はオーステナイト系ステンレス鋼に比べて熱伝導率が極めて小さいことから、上述した理由によりラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることが出来るという効果が発揮される。

【0062】また、上述したように本実施形態においてはシール部の接触事象が発生しても運転に支障をきたすような過大な振動が発生することが無いので、シールフィン107、119の先端とハニカムセル110、123の表面との隙間7、18を、現状一般的に採用されている隙間に比べて半減させることが可能となり、このため、シール性能が大幅に向上し、蒸気タービン性能ならびに発電プラント効率の向上に大きく貢献する。

【0063】また、シール部の接触事象が発生しても運転に支障をきたすような過大な振動が発生することが無いので、従来技術の蒸気タービンに比して起動時間を大幅に短縮できることから、蒸気タービンにおいて過渡的熱変形が発生しやすくシール部の接触事象が発生しやすい超急速起動停止が可能になり、発電プラントの運用性に対する自由度が増して発電プラントの運用コスト低減に貢献する。

## 【0064】第2実施形態

次に、本発明の第2実施形態による、作動流体の漏洩を防止するためのシール装置を有する蒸気タービン及びこれを備えた発電プラントについて説明する。本実施形態は、上述した第1実施形態におけるハニカムセル110、123の材料を変更したものであり、その他の点は第1実施形態と共通するので、以下では第1実施形態と異なる部分について説明する。

【0065】本実施形態においては、図1乃至図4に示したシール装置のハニカムセル110、123が硬ろう

## 12

材で形成されている。ここで、「硬ろう」とは、ニッケルろうや銀ろうなどの総称である。この場合のハニカムセルの形成方法、すなわち空洞形成方法としては例えば電解加工などが挙げられる。

【0066】ハニカムセルを構成する硬ろうは、ニッケルろうにしても銀ろうにしても鉄鋼材料などの蒸気タービンの動翼やタービンシャフトに使用される金属材料に比べて融点が大幅に低く、また強度も低い。従って、シール装置において接触事象が発生して、摩擦熱で静止側のハニカムセルや動翼先端のシールフィンの温度が上昇した場合、硬ろう材でできたハニカムセルは接触による温度上昇によって速やかに溶融または変形して接触が速やかに軽微なものになり、または接触が速やかに解消し、ラビング発生時の振動をより小さくかつ短時間に抑えることが出来るという効果を発揮する。

【0067】このため、シール部の接触事象が発生しても運転に支障をきたすような過大な振動が発生することが無く、シールフィン先端の隙間を、現状一般的に採用されている隙間に比べて半減させることが可能となる。これにより、シール性能が大幅に向上し、また、蒸気タービンの超急速起動停止が可能になり、蒸気タービン性能ならびに発電プラント効率の向上に大きく貢献する。

## 【0068】第3実施形態

次に、本発明の第3実施形態による、作動流体の漏洩を防止するためのシール装置を有する蒸気タービン及びこれを備えた発電プラントについて図面を参照して説明する。なお、本実施形態は、上述した第1又は第2実施形態においてハニカムセル110、123の構造を変更したものであり、以下では、第1又は第2実施形態と異なる部分について説明する。

【0069】図5及び図6に示したように本実施形態におけるシール装置は、外径の異なる複数のシールフィン107、119をタービンシャフト5及びシュラウドカバー21の表面に形成し、ハニカムセル110、123の内周面に段差を設けて、複数のシールフィン107、119のそれぞれの外径に対応させてハニカムセル110、123の内径を変化させたことを特徴とする。

【0070】より具体的には、図5及び図6に示したようにハニカムセル110、123の表面は、タービンシャフト5を含む回転構造物の回転軸心方向に沿って互い違いに凹凸が形成されており、各凹凸に対応するようにして外径の異なる1つ又は2つのシールフィン107、119が互い違いに配置されている。

【0071】そして、図5及び図6に示した本実施形態においては、シール部分に形成された屈曲空間（ジグザグ空間）によって漏洩蒸気3が一層強い渦流を形成することになり、このため、漏洩蒸気の運動エネルギーを消費して漏洩蒸気量が低減する。従って、シール性能が大幅に向上するので蒸気タービン性能ならびに発電プラント効率の向上に大きく貢献する。

【0072】また、図7及び図8は本実施形態の第1変形例を示しており、この変形例においては、ハニカムセル110、123の凹凸形状の段差部分の境界に、補強用仕切板120が設けられている。

【0073】図7及び図8に示した本実施形態の変形例においては、ハニカムセル110、123の段差部分の境界に補強用仕切板120を設けたので、段差部のハニカムセル110、123の端部の強度を確保できる。

【0074】また、図9(a)は補強用仕切板120がある場合の漏洩蒸気の流れを矢印130で示し、図9(b)は補強用仕切板120がない場合の漏洩蒸気の流れを矢印140で示しているが、図9(a)、(b)に示した如くシールフィン107、119がハニカムセル110、123の段差の端部近傍に位置している場合、補強用仕切板120がないと図9(b)のように漏洩蒸気140が吹き抜けてしまうが、補強用仕切板120を設けることにより、図9(a)に示したように漏洩蒸気130が回り込み、これによりシール性能が向上する。

【0075】また、図10及び図11は本実施形態の第2変形例を示しており、本変形例においては、ハニカムセル110、123の内径が、タービンシャフト5を含む回転側部材の回転軸心方向に沿って、蒸気の流れの上流側から下流側に向かって段階的に大きくなるように階段状(ステップ状)に変化しており、シールフィン107、119の高さも、ハニカムセル110、123の階段状の表面形状に合わせて階段状に変化している。そして、本変形例は、上述した本実施形態と同様の作用及び効果を奏することができる。

【0076】また、図12及び図13は本実施形態の第3変形例を示しており、本変形例は上記第2変形例において、ハニカムセル110、123の階段形状の段差部分の境界に、補強用仕切板120を設けたものである。本変形例は、上記第2変形例と同様の作用及び効果を奏することができる。

【0077】なお、上述した本実施形態及びその各種変形例は、ハニカムセル110、123とシールフィン107、119とが段差部分で軸方向に接触することのないように、蒸気タービンの軸方向の伸び差の小さい高圧段落もしくは中圧段落のシール装置として適用することが望ましい。

#### 【0078】第4実施形態

次に、本発明の第4実施形態による、作動流体の漏洩を防止するためのシール装置を有する蒸気タービン及びこれを備えた発電プラントについて図面を参照して説明する。なお、本実施形態は、上述した第1乃至第3実施形態においてハニカムセル110、123の構造を変更したものであり、以下では、第1乃至第3実施形態と異なる部分について説明する。

【0079】図14に示したように本実施形態においては、静翼内輪9側のハニカムセル110の角柱状のセル

空間の軸心Xが回転構造物の半径方向Yに対して傾斜している。また、静翼外輪17側のハニカムセル123(図3参照)もハニカムセル110と同様に、ハニカムセル123の角柱状のセル空間の軸心が回転構造物の半径方向に対して傾斜している。

【0080】また、図15(a)に示したように本実施形態におけるハニカムセル110、123の六角柱状のセル空間を形成する六角形の枠190の各辺の向きが、タービンシャフトの円周方向160と一致することがないように、ハニカムセル110、123を配置して形成している。

【0081】ここで、ハニカムセル110、123の六角形の各辺の向きがタービンシャフトの円周方向160と一致するのは、図15(b)に示したようにハニカムセル110、123の列方向170がタービンシャフトの軸方向150に対して0°、60°、120°の角度180に位置するように配置した場合であるから、これらの角度180を避けるように配置する。好ましくは、タービンシャフトの軸方向150に対してハニカムセル110、123の列が30°±15°または90°±15°の角度に位置するように配置する。

【0082】そして、本実施形態においては、図14に示したようにハニカムセル110、123の角柱状のセル空間の軸心Xを回転構造物の半径方向Yに対して傾斜させたので、シール部分で漏洩蒸気が一層強い渦流を形成することになって漏洩蒸気の運動エネルギーを消費して漏洩蒸気量が低減する。

【0083】また、図15(a)に示したようにハニカムセル110、123の六角柱状のセル空間を形成する六角形の枠190の各辺の向きが、タービンシャフトの円周方向160と一致することがないようにハニカムセル110、123を配置して形成したので、ハニカムセル110、123の枠のいずれの辺もシールフィン107、119と平行になることはなく、このため、ハニカムセル110、123とシールフィン107、119とが接触してラビング現象が発生した場合においても、ハニカムセル110、123が容易に摩耗し、タービンの運転に支障をきたすほどの深刻なラビング振動を引き起こすことがなくなる。

#### 【0084】第5実施形態

次に、本発明の第5実施形態による、作動流体の漏洩を防止するためのシール装置を有する蒸気タービン及びこれを備えた発電プラントについて図面を参照して説明する。なお、本実施形態は、上述した第1乃至第4実施形態においてシールフィン107、119の構造を変更したものであり、以下では、第1乃至第4実施形態と異なる部分について説明する。

【0085】図16に示したように本実施形態においては、静翼外輪17側のシールフィン119の一部分または全てが肉盛り溶接部135にて形成されており、フィ



ンの形状を整えるために肉盛り溶接後にフィン形状に加工している。なお、静翼内輪9側のシールフィン107（図1参照）もシールフィン119と同様に肉盛り溶接にて形成されている。

【0086】このようにシールフィン107、119を肉盛り溶接部135にて形成することにより、接触事象等の影響によりシールフィン107、119に損傷が発生した場合においても速やかに補修することが可能であり、劣化したシール性能の回復が可能である。

【0087】また、ハニカムセル110、123の形状に合わせてシールフィン107、119の高さを調整して形成することもできることから、最大限のシール性能向上が図れる。

【0088】また、肉盛り溶接部135の材料を適宜選定することにより摩耗に強いシールフィン107、119を形成することができる。また、これとは逆に、肉盛り溶接部135の材料を適宜選定することにより摩耗が速やかに進行するシールフィン107、119を形成することも可能である。

【0089】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、蒸気タービンの回転構造物の外周面に円環状のシールフィンを周設すると共に、シールフィンに離間対向して蒸気タービンの静止構造物の内周面にハニカムセルを周設したので、タービン運転中に回転構造物のシールフィンが静止構造物に設けられたハニカムセルと接触した場合においても、ラビングによる振動を大幅に抑制することが可能であり、タービンの運転に支障をきたすような過大な振動を発生することがなくなるので蒸気タービンならびに発電プラントの運転に対して大きな利点となる。

【0090】また、ラビングはタービンの起動停止に伴うケーシングなどの静止部品の温度不均一による変形によって発生することが多いことから、従来の発電プラントでは起動時間に制限が設けられており更なる起動時間短縮は従来技術では困難であったが、本発明によればラビングが発生しても軸振動は過大にならず、ハニカムセルが容易に摩耗してラブアウトしてラビングが解消されるので、従来技術の蒸気タービンに比して起動時間を大幅に短縮できる。従って、蒸気タービンの超急速起動停止が可能になり発電プラントの運用性に対する自由度が増して発電プラントの運用コスト低減に貢献する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態における静翼内輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図2】図1に示したシール装置のシールフィン及びハニカムセルの部分を拡大して示した断面図。

【図3】本発明の第1実施形態における静翼外輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図4】図3に示したシール装置のシールフィン及びハニカムセルの部分を拡大して示した断面図。

【図5】本発明の第3実施形態における静翼内輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図6】本発明の第3実施形態における静翼外輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図7】本発明の第3実施形態の第1変形例における静翼内輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図8】本発明の第3実施形態の第1変形例における静翼外輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図9】（a）は補強用仕切板がある場合の漏洩蒸気の流れを矢視した斜視図、（b）は補強用仕切板がない場合の漏洩蒸気の流れを矢視した斜視図。

【図10】本発明の第3実施形態の第2変形例における静翼内輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図11】本発明の第3実施形態の第2変形例における静翼外輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図12】本発明の第3実施形態の第3変形例における静翼内輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図13】本発明の第3実施形態の第3変形例における静翼外輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図14】本発明の第4実施形態における静翼内輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図15】（a）は第4実施形態におけるハニカムセルの配置を説明するための図、（b）は本実施形態によらないハニカムセルの一般的な配置例を示した説明図。

【図16】本発明の第5実施形態における静翼外輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図17】（a）は従来の蒸気タービンの静翼内輪側のシール装置の第1例を示した断面図、（b）は同第2例を示した断面図、（c）は同第3例を示した断面図。

【図18】（a）は従来の蒸気タービンのシール装置の部分を示した断面図、（b）は（a）の静翼外輪側のシール装置を拡大して示した断面図、（c）は静翼外輪側のシール装置の他の例を示した断面図。

【図19】従来の蒸気タービンのハニカムセルを備えた静翼内輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【図20】従来の蒸気タービンのハニカムセルを備えた静翼外輪側のシール装置の部分を示した断面図。

【符号の説明】

2、22 パッキンリング

5 タービンシャフト

7、18 隙間

9 静翼内輪

12 静翼

14 動翼

16 動翼先端

17 静翼外輪

21 シュラウドカバー

107、119 シールフィン

110、123 ハニカムセル

120 補強用仕切板

17

18

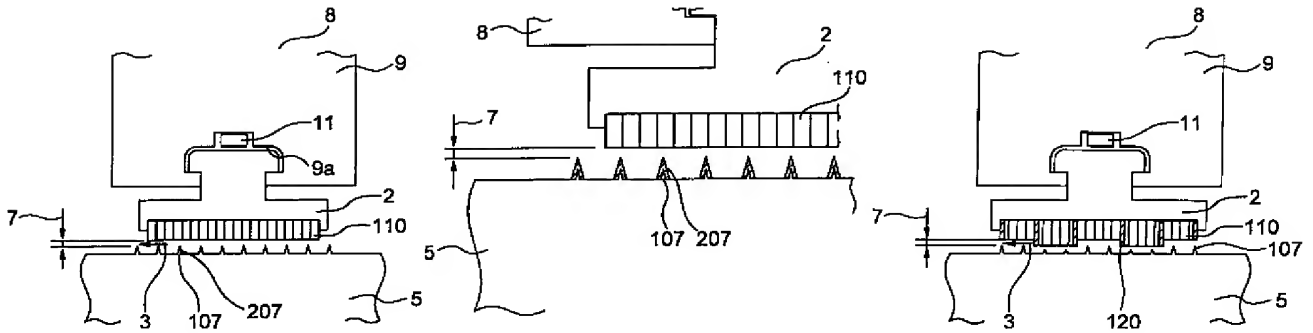
35 肉盛り溶接部

207、219 高硬度皮膜

【図1】

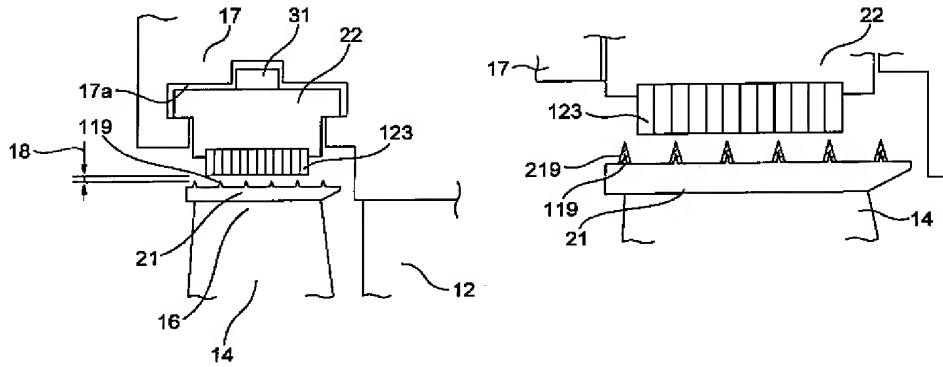
【図2】

【図7】



【図3】

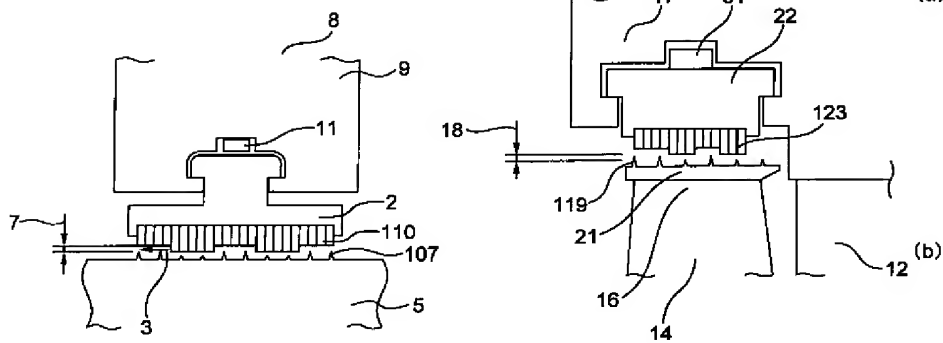
【図4】



【図17】

【図5】

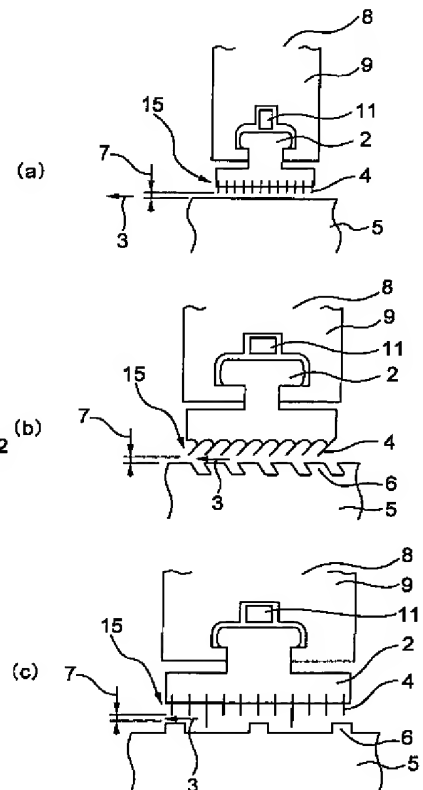
【図6】



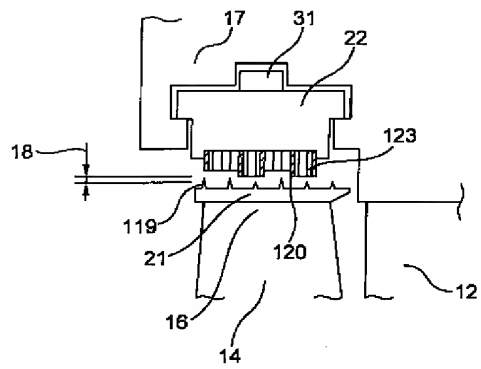
(a)

(b)

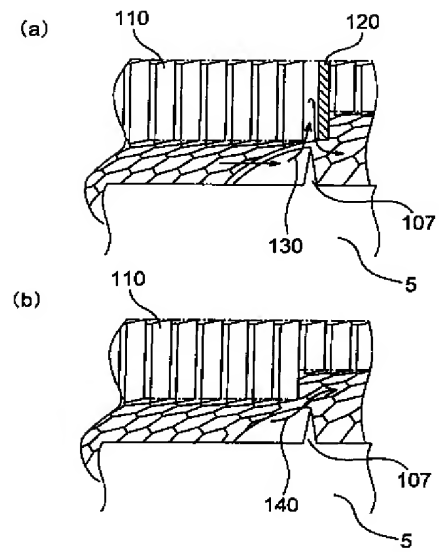
(c)



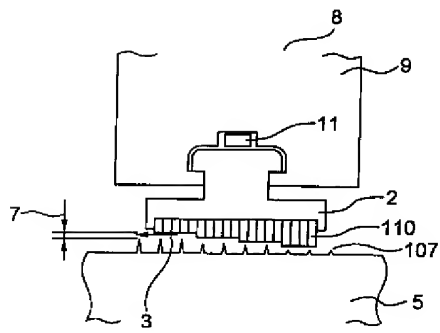
【図8】



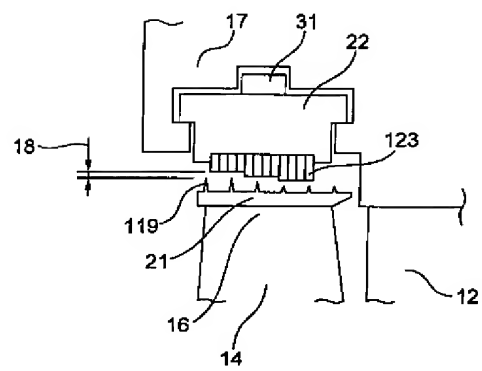
【図9】



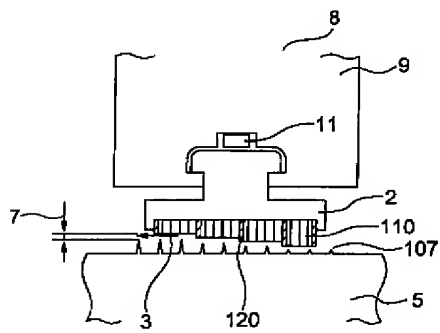
【図10】



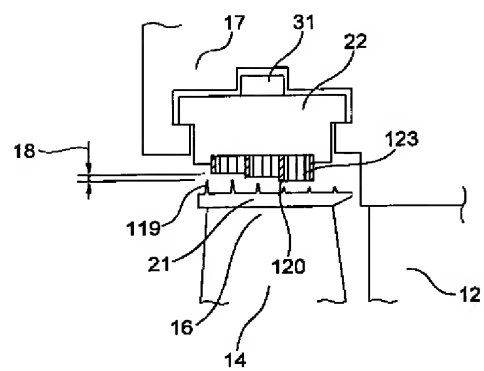
【図11】



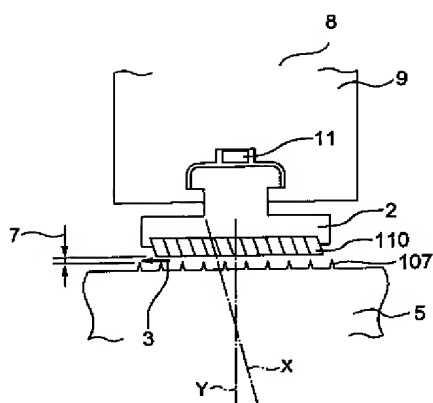
【図12】



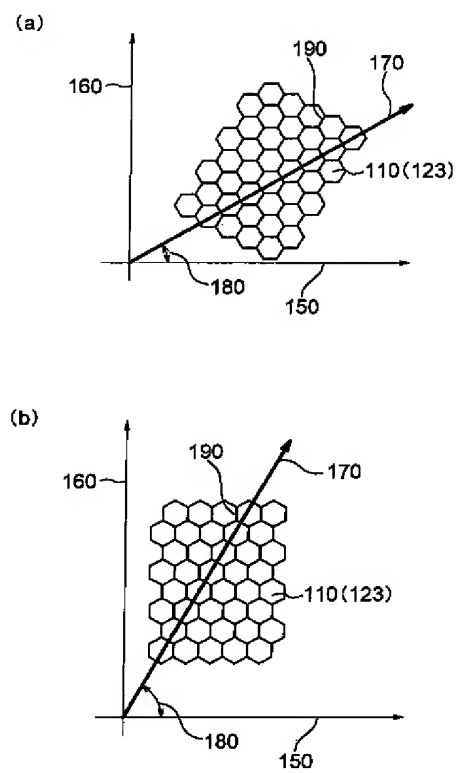
【図13】



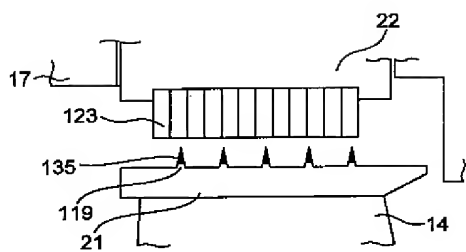
【図14】



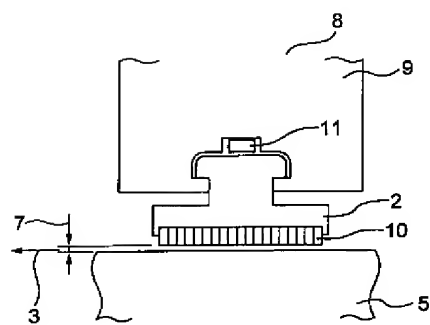
【図15】



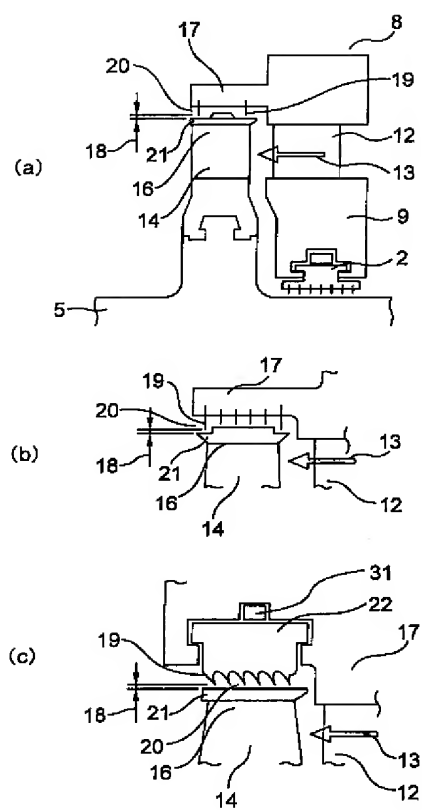
【図16】



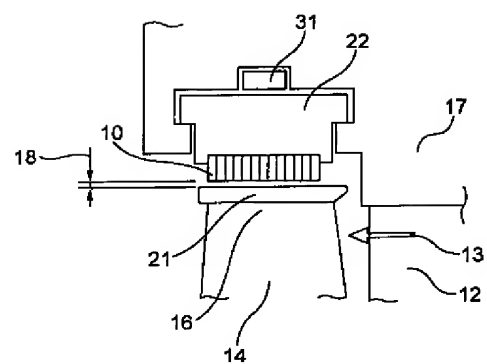
【図19】



【図18】



【図20】



**PAT-NO:** JP02001123803A  
**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 2001123803 A  
**TITLE:** SEALING DEVICE, STEAM  
TURBINE HAVING THE DEVICE,  
AND POWER GENERATING PLANT  
**PUBN-DATE:** May 8, 2001

**INVENTOR-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
KIKUCHI, MASATAKA	N/A

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

NAME	COUNTRY
TOSHIBA CORP	N/A

**APPL-NO:** JP11299617  
**APPL-DATE:** October 21, 1999

**INT-CL (IPC):** F01D011/02 , F16J015/447

**ABSTRACT:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a sealing device that can improve the sealing performance of a steam turbine without causing trouble in the operation of the steam turbine and without nonconformities such as permanent bending of a rotary structure.

SOLUTION: This seal device comprises annular



seal fins 107 circumscribing the external surface of a rotary structure, including a turbine shaft 5 and a rotor blade, and an annular honeycomb cell 110 circumscribing, in spaced opposition to the seal fins 107, the internal surface of a stationary structure including a stator blade, a stator-blade inner ring 9 and a stator-blade outer ring. The sealing fins 107 and honeycomb cell 110 constrict the leak passage of working fluid to prevent leakages.

COPYRIGHT: (C) 2001, JPO